

**This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

(19) 日本国特許庁

公開特許公報



(2000円) 特許願 7(特許法第38条ただし書)
昭和年月日 49 10 18

特許庁長官殿

1. 発明の名称 ハンドウタイソウチオヨセイソウホウホウ

2. 特許請求の範囲に記載された発明の数 3

3. 発明者

住所 兵庫県伊丹市猪原4丁目1番地
三菱電機株式会社 北伊丹製作所内

○請

氏名 カワカミアキラ 明 (ほか8名)

4. 特許出願人 郵便番号 100 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

住所 名称 (601) 三菱電機株式会社 代表者 進藤貞和

5. 代理人 郵便番号 100 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号
住所 三菱電機株式会社内

氏名(6699)弁理士 葛野信

6. 添付書類の目録
(1) 明細書
(2) 図面
(3) 委任状
(4) 出願審査請求書

1通特許庁
1通9.10.21
1通出願第三項

49-120571

明細書

1. 発明の名称

半導体装置及びその製造方法

2. 特許請求の範囲

1) 少なくとも1つのpnpn四層構造を有する半導体ウェハーの一方の面に接続された第1主電極と、前記半導体ウェハーの他方の面に接続された第2主電極と、前記第2主電極とは分離して同じ面に接続されたゲート電極とを有し前記半導体ウェハー中で前記ゲート電極附近の初期ターンオン領域を含む部分のキャリヤ寿命が重金属ドープのみによる再結合中心で制御され、前記部分以外の少なくとも主電流通過領域を含む部分のキャリヤ寿命が放射線照射のみによる再結合中心で制御されていることを特徴とする半導体装置。

2) 少なくとも1つのpnpn四層構造を有する半導体ウェハーの少なくとも一面に、初期ターンオフ領域を含む部分に窓穴を有する重金属拡散マスクを形成する工程前記窓穴を通して

(11) 特開昭 51-46882

(13) 公開日 昭51.(1976)4.21

(21) 特願昭 49-120571

(22) 出願日 昭49.(1974)10.18

審査請求 有 (全6頁)

府内整理番号

7410 47

(52) 日本分類

PPM/F1

(51) Int.CI²

H01L 2P/74

重金属を選択拡散する工程、前記半導体ウェハーの一方の面に第1主電極を、他方の面に第2主電極とゲート電極とをそれぞれ接続する工程、前記窓穴の位置に前記窓穴にほど等しい大きさの放射遮蔽板を設置した後放射線を照射する工程からなる半導体装置の製造方法。

3) 少なくとも1つのpnpn四層構造を有する半導体ウェハーの少なくとも一面に、初期ターンオフ領域を含む部分に窓穴を有する重金属拡散マスクを形成する工程、前記窓穴を通して重金属を選択拡散する工程、前記半導体ウェハーの一方の面に第1主電極を他方の面に第2主電極とゲート電極とをそれぞれ接続する工程、前記半導体ウェハー全面に放射線を照射する工程、前記工程の後前記窓穴に相当する位置の前記半導体ウェハーの部分を所定温度以上に上昇させる工程からなる半導体装置の製造方法。

3. 発明の詳細な説明

本発明は少なくとも1つのpnpn四層構造を

有する半導体装置、具体的にはサイリスタ等の特性改良のための構造及びその製造方法に関する。

サイリスタのターンオフ時間を短かくすることは、広範囲な応用面から強く望まれていることであり、この要求を満足させるため素子製造技術も次第に向上しつつある。

サイリスタのターンオフ時間を短縮する方法としては、一般によく知られているように、金などの重金属拡散方法、急熱急冷などにより熱ひずみを与える方法、などがある。これらはいずれも半導体物質の禁制帯中央附近に再結合中心を形成させ、キャリヤ寿命を短縮させるものである。

しかし以上のような方法でキャリヤ寿命を短縮し、短かいターンオフ時間を実現するとサイリスタの他の特性、例えば電圧阻止時のもれ電流の増大とこれに伴なり耐圧の低下、オン電圧の増加など、とくに大容量高耐圧サイリスタにとって非常に好ましくない現象が付随して生じ

(3)

照射前の値にもどることが確認された。放射線照射方法とサイリスタに適用した場合、上記のアニール効果が特性劣化をひきおこす重要な現象がある。その主な原因はサイリスタの初期ターンオン領域における温度上昇である。すなわちサイリスタに時間勾配の急な(dV/dt の高い)主電流や、くりかえし周波数の高い電流を通電する応用がしばしばあり、この場合ゲート近傍の初期ターンオン領域の利用率が高くなるため、ここに発生する電力損失が増大し局部的に温度が上昇することがある。これはゲート近傍で流れだす初期ターンオン電流がpn结構造半導体全体にひろがる速度がそれほど速くないということに起因する。この局部的温度は通電条件によつては300°Cをこえることも度々あり、場合によつては500°Cに達するという研究結果もある。したがつて放射線を照射してターンオフ時間を短かくしてサイリスタに高い dV/dt の電流や高周波電流を通電すると初期ターンオン領域の局部的に温度が上昇する部分のキャリヤ

る。したがつてターンオフ時間が短かく、高耐圧でかつ電流容量が大きいサイリスタの設計、製作は困難になり、素子応用面からの要求には十分こたえられていないのが実状である。

しかし本発明者等は前述したキャリヤ寿命制御方法以外についても、詳細な実験、研究を行なつた結果、放射線照射によつて結晶欠陥をつくり再結合中心を形成してキャリヤ寿命を短縮する方法の場合のもれ電流が他の方法に比べて最も小さく、実用上非常にすぐれていることを見出した。この原因は再結合中心のエネルギー準位、捕獲断面積、結晶中の分布状態などの差にあるものと思われるが、物理機構の完全な解説にはまだ時間を要する。

ところが上記放射線照射による結晶欠陥は比較的低い温度でアニール効果が生じ、キャリア寿命がもとの状態にもどつてしまふという欠点がある。本発明者らの研究結果では2MeVのエネルギーを有する電子線を照射したSiのキャリア寿命は、350°C以上の温度では10~20分で

(4)

寿命がアニール効果により長くなり、この部分でサイリスタがターンオフ失敗するという致命的な現象がおこる。

本発明はキャリヤ寿命制御方法として放射線照射方法と重金属拡散方法を組み合せ、両者の利点のみを利用するという巧みな方法と構造を見い出し、上記のものより欠点を除去しようとするものである。

本発明の骨子は放射線照射方法におけるもれ電流が少ないという特長と重金属拡散方法におけるアニール効果がないという特長を共に生かし、前者の方法におけるアニール効果が生じやすいといいう欠点と後者の方法におけるもれ電流が急増するといいう欠点をいずれも除去し、結果的にキャリヤ寿命を短縮して改良された特性を得ることである。

本発明の実施例を用いて詳細を説明を行う。電導形N形、比抵抗35~45Ωcm、厚み330μ、直径30mm、FZ Siウエハの両面からGa(ガリウム)を拡散しPNP層構造を得る。つぎに一方

(5)

-450-

(6)

の片面と他方の片面の一部を SiO_2 でマスクして P(リン)を拡散し第1図のような PNPN 四層構造を形成する。以上の多層構造形成技術は従来よく知られた方法と異なるところがない。この後、第1図に示すように四層構造半導体ウエハの両面に SiO_2 膜(1)を形成させ、初期ターンオン領域となる部分を含む小面積領域の SiO_2 膜を除去して窓穴(2)をつくる。ここで PB 層が一方の片面側に露出している部分(3)には後の工程でゲート電極が接続される。他方の片面側の(4)に対応する部分の SiO_2 膜も同様に除去して窓穴(5)をつくる。

リング状の初期導通領域(6)の巾(7)は、ターンプラズマひろがり速度と通電電流パルス巾から計算し 20 μm に定めた。つぎに 4 層構造半導体ウエハの両面に金を蒸着し、ガス雰囲気中、温度 850 °C で 20 分間熱処理した。この熱処理により第2図斜線部分(8)に示すように窓穴(2), (5)から四層構造半導体ウエハの内部へ金拡散され、他の領域(3)には金がほとんど拡散されな

(7)

して清浄なシリコン表面(9)を形成させ、耐環境性をよくするためにワニスを塗布し表面保護膜(10)とする。このようにして得られたサイリスタエレメント(11)に第4図のように放射線(12)を照射する。ここではパンデグラフ装置を使い、放射線としてエネルギー 2 MeV の電子線を用いた。具体的方法としては照射前に金を選択拡散したときの窓穴(2)とほど等しい大きさで厚み 1 μm 程度の鉛板(13)を窓穴(2)と同じ場所にのせる。鉛板(13)は放射線(12)を透過させないようにする、いわゆる放射線選択照射マスクとするものである。したがつて鉛板(13)の厚みは電子線の飛程によつて決定したものであり、鉛以外にもアルミニウム、銻、モリブデンなども厚みを適当に選べば放射線選択照射マスクとして用いることができる。つぎに電子線をサイリスタエレメント(11)全体に均一に照射するようにし、全照射電子数 $5 \times 10^{18} \sim 1.5 \times 10^{19}$ エレクトロン/μm² になるまで照射を続ける。この時間は 5 ~ 10 分程度である。これにより金拡散領域(8)以外の領域

(9)

特開昭51-46882 (3)
い。すなわち SiO_2 膜(1)が金の選択拡散マスクとして働く。本実施例ではウエット酸素雰囲気中で形成した SiO_2 膜のみを用いたがこの SiO_2 膜の上に従来からよく知られているリングガラス膜を形成しても良好な金の選択拡散ができるし、リングガラス膜のみでも可能であることを付記する。また上記窓穴(2), (5)はいずれか 1 つにしてその面にのみ金を蒸着して拡散してもよいことを金は蒸着方法以外の手段を用いて半導体ウエハ表面に附着させてもよく、例えばメツキ方法などもよく使用される

さて金の選択拡散を終了した四層構造半導体ウエハの両面に各種電極を形成して第3図のようないサイリスタエレメント(11)とする。すなわち、一方の片面側に AL 膜を介してモリブデン板(14)を合金してアノード電極(15)とし、他方の片面側の NB 層表面(3)と PB 層表面(5)にアルミニウムを蒸着してそれぞれカソード電極(16)、ゲート電極(17)とする。つぎに四層構造半導体ウエハの接合が表面に露出する周縁部分をエッティング

(8)

図に放射線照射による結晶欠陥が形成される。ここで全照射電子数は、領域(8)のキャリヤ寿命を金拡散領域(8)のキャリア寿命とほど等しくするために選ばれた条件であり、電子設計上の必要性によつてはこの条件を変えることにより領域(8)のキャリヤ寿命をどのようにでも制御できる。この放射線照射工程において放射線選択照射マスク(13)の設置場所が金拡散領域(8)から少しでもずれたり、マスク形状が窓穴(2)より大きいと、金も放射線照射による格子欠陥も導入されない領域が形成される恐れがあり、その部分のキャリヤ寿命だけが極端に長くサイリスタの機能を損うので放射線選択照射マスク(13)の大きさを窓穴(2)より若干小さくする方が安全である。

以上の実施例によつて得られたサイリスタの性能を評価するため本発明によらない従来方法によるサイリスタもあわせて製作し、それぞれの特性比較を行なつた。

第5図は順方向阻止電圧を印加したときの電圧ともれ電流の関係を示すものであり、(a)は本

-451-

(10)

発明によるサイリスタ、(b)は放射線照射（前述した照射条件と同じ）のみによりキャリヤ寿命を短縮したサイリスタ、(c)は金拡散（前述した拡散条件と同じ）のみによりキャリヤ寿命を短縮したサイリスタの特性である。同図によれば(a)と(b)はほとんど同じように非常に少ないもれ電流しか流れず、(c)はかなり大きいもれ電流が流れることが明らかである。すなわち本発明によるサイリスタのもれ電流は放射線照射による場合とほとんど同じくらい小さく、放射線照射方法によるキャリヤ寿命短縮の場合の利点がとり入れられていることがわかる。同図は順方向電圧阻止特性であるが逆方向電圧阻止特性についても同様な結果が得られた。

第6図は(a), (b), (c)3種類のサイリスタに電流パルス巾30μ秒、波高値1000Aのパルス電流をくりかえし周波数1KHzで通電したときの通電時間とターンオフ時間の関係を示す。

上記のパルス電流通電は、ターンオン損失を大きくし、ゲート近傍の初期ターンオン領域の上

昇温度を非常に高くしたときターンオフ時間がどのように変化しているかを試験する目的をもつものである。もちろんターンオフ時間の変動が少しでもないことが実用上要求される。同図によれば(a)と(c)ではほとんどターンオフ時間の変化がみられず、(b)では通電時間が増すほどターンオフ時間が増加するという実用上好ましくない結果が得られている。この結果は、本発明によるサイリスタの初期ターンオン領域が金拡散領域であり、ターンオン損失による温度上昇でアニール効果をほとんどおこしていないことを表わしており、この点において本発明によるサイリスタは金拡散方法によるキャリヤ寿命短縮の場合の利点をとり入れていることがわかる。

つぎに本発明の実施例の中で放射線選択照射方法のすぐれた効果を確認するために、本実施例と同じように金を選択拡散した後に、サイリスタエレメント全体に放射線を照射した（照射条件は本実施例と同じ）サイリスタとの特性を比較した。第7図はその結果であり第6図と同

(III)

じく通電時間とターンオフ時間の関係を示している。ここで(a), (a)は本発明によるサイリスタ、(d)と(e)は放射線選択照射方法を用いないで全体に放射線を照射したサイリスタの特性である。(a), (d)はオン電流パルス巾が1msecのときのターンオフ時間を示し、(b), (e)は30μsecのときのターンオフ時間である。同図によれば(a), (d), (e)は、ほとんどターンオフ時間が変化していないことを示し(d)は通電時間が長くなるとターンオフ時間が徐々に変化して長くなることを示している。すなわち(d), (e)のサイリスタでは金拡散領域外にも放射線が照射され、これによる格子欠陥が形成されるのでキャリヤ寿命が極端に短くなっている。パルス電流通電により、この部分の温度が上昇すると、アニール効果により、放射線照射によりキャリヤ寿命が短縮された分だけ長くなっていく。この現象はターンオフ時間の変化となつて現われ、その変化の度合はターンオフ時間測定時のオン電流パルス巾が狭いほど顕著になるということである。この

(IV)

ことから本発明の実施例中に記述した放射線選択照射方法がすぐれた効果を発揮することがわかる。

ターンオフ時間の変化以外にも他の特性で本発明によるサイリスタのすぐれた面がある。例えばターンオンに必要な最小ゲート電流は、本発明による場合には通電時間によつてほとんど変化しないが、放射線照射のみによつてターンオフ時間を短縮した場合あるいは金の選択拡散方法と放射線全面照射方法を組み合せた場合には、大きな変化を示すという実験事実も得られた。

さて本発明の以上の実施例では金拡散領域外以外の領域外にのみ放射線照射による結晶欠陥をつくるために、放射線選択照射マスク板を用いたが、このような手段によらなくてもその目的を達成することが可能である。例えば第4図に示した放射線選択照射マスク板を用いないで放射線照射をおこない、その後、金拡散領域外の温度を300°C以上に上げてアニール効果を生

じさせ、この領域だけのキャリヤ寿命を金拡散によつて短縮されたキャリヤ寿命の値にまでもとしてやる方法でも前記の本発明の実施例と同等の効果が期待できる。金拡散領域は、すなわち局部的領域の温度を上げる具体的方法としては、光照射による（導熱性を与える）方法、高溫物体を目的とする傾斜の表面に接触させ熱伝導によつて温度を上昇させる方法などが上げられる。

上記の本発明による実施例では、重金属拡散方法として金を用いているが、これ以外にも半導体中で再結合中心となり得る金属性原子、例えば銅、ニッケル、鉄、亜鉛などを採用することが可能であり、上記の本発明の実施例と同等な効果が期待できることはもちろんである。

本発明の実施例では、放射線として電子線を用いたが、他の放射線、たとえば γ 線の照射によつても同様の結果が得られるとが推察される。

また本発明は $p-n-p-n$ 4層構造から成るサイリ

特開昭51-46882 (5)

スタ、詳しくは逆阻止サイリスタについて説明されたが、この他、逆導通サイリスタ、トライアツク、二端子 $p-n-p-n$ スイッチ、トランジスタ等においても同様の効果が得られるであろうことが容易に推察される。

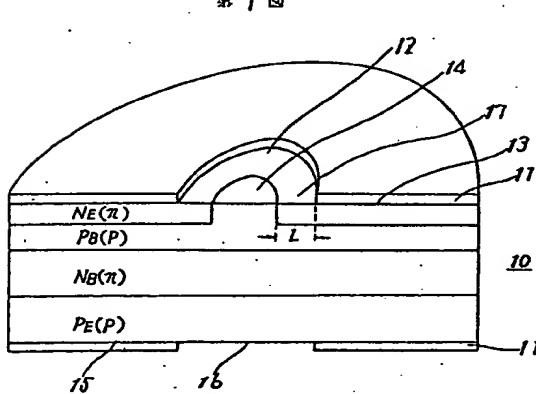
4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の実施例を示す $p-n-p-n$ 四層構造半導体ウエハ構造説明図、第2図は、同じく金を選択拡散した $p-n-p-n$ 四層構造半導体ウエハ構造説明図、第3図は、同じく電極を接続し、周縁のエッチングと表面保護を行なつたサイリスタエレメントの構造説明図、第4図は本発明の実施例における前記サイリスタの放射線選択照射方法の説明図、第5図、第6図、第7図は本発明によるサイリスタと従来方法によるサイリスタの特性比較のための説明図である。

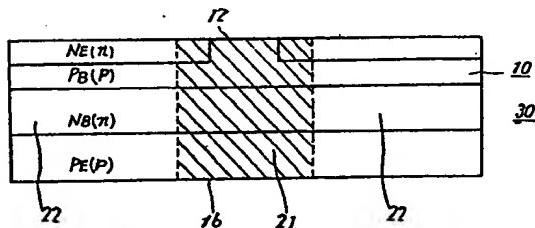
図中10は第1主電極、11は第2主電極、12はゲート電極、13は重金属ドープ領域、14は放射線照射領域である。

代 委 人 富 野 信 一

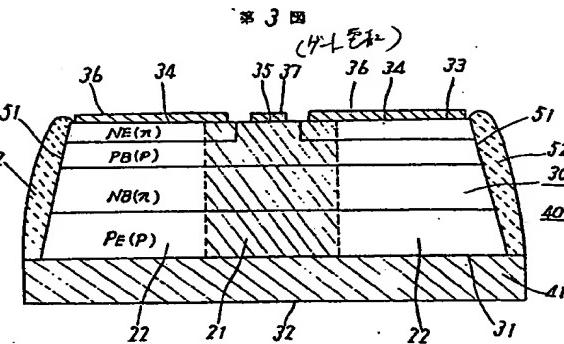
第1図



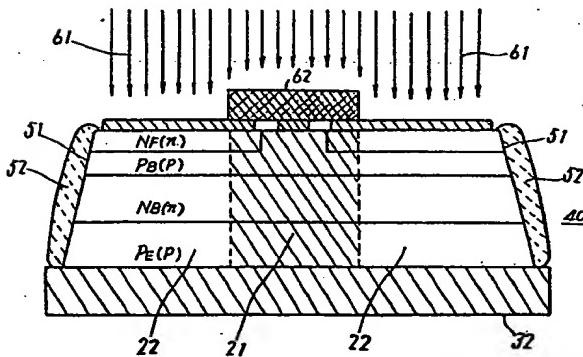
第2図



第3図

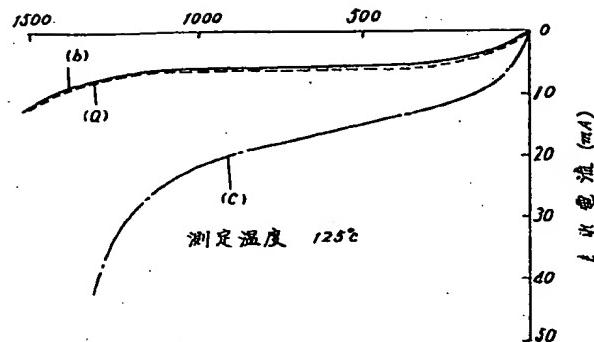


第4図

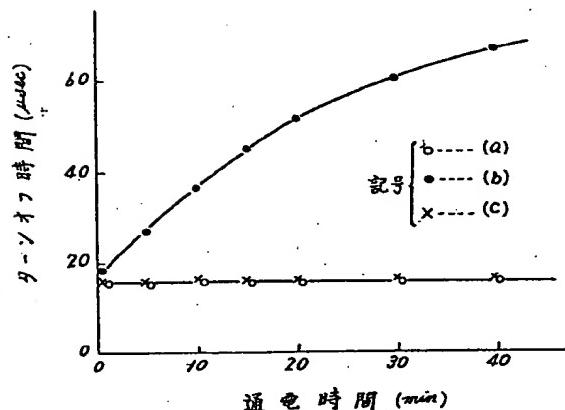


第5図

電圧(V)

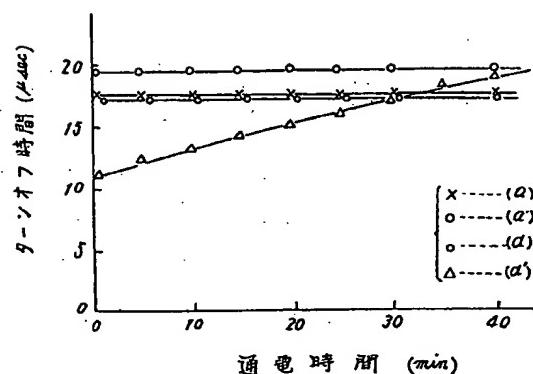


第6図



特開 昭51-46882(6)

第7図



7 前記以外の発明者

住 所

兵庫県伊丹市鶴原4丁目1番地
三菱電機株式会社 北伊丹製作所内

氏名 ホク 北 ヨウ 陽 シグレ 浩

住 所 同 上

氏名 蒲 生 ヒロシ 浩

住 所
尼崎市南清水字中野80番地
三菱電機株式会社 中央研究所内

氏名 ホリ 堀 江 和 夫